

DASPAL (DAMAR ASPAL) SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PERKERASAN JALAN PENGGANTI ASPAL KONVENSIONAL

Muhammad Fachri Nasution¹, Agus Sumarsono², Ary Setyawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami No. 36A Kentingan Surakarta 57126 Indonesia

Telp. (0271) 634524 Fax. 662118

E-mail: muhammadfachrinasution@student.uns.ac.id, agus_sibedil@yahoo.com, cenase@yahoo.com

Abstrak

Daspal dimaksudkan sebagai bahan pengikat campuran perkerasan jalan alternatif pengganti aspal konvensional, dibuat dari bahan yang bersifat sustainable development terdiri dari getah damar selo yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, serbuk batu bata yang berasal dari sisa renovasi rumah, dan minyak goreng curah kualitas rendah. Daspal memiliki karakteristik yang mendekati aspal kategori pen 60/70. Hasil dari karakterisasi tiga jenis daspal yang ditinjau menghasilkan data berupa nilai penetrasi secara berurutan: 66 dmm, 74 dmm, dan 60 dmm; uji titik nyala secara berurutan: 214 °C, 234 °C, dan 231 °C; berat jenis secara berurutan: 1.427 gr/cm³, 1.399 gr/cm³, dan 1.382 gr/cm³; nilai daktilitas secara berurutan: 13.5 cm, 25.5 cm, 14 cm; nilai titik lembek untuk semua daspal yang lebih dari 98 °C. Berdasarkan pengujian marshall diketahui campuran perkerasan yang menggunakan bahan pengikat daspal memenuhi karakteristik campuran LASTON kecuali pada kadar optimum bahan pengikat. Kadar daspal optimum untuk masing-masing jenis yang ditinjau adalah 12%, 10%, dan 7% dengan nilai stabilitas berurutan: 564,802 kg, 700.308 kg, dan 657.606 kg; flow berurutan: 2.60 mm, 2.35 mm, dan 2.44 mm; marshall quotient berurutan: 200.87 kg/mm, 232.70 kg/mm, dan 268.34 kg/mm; rongga udara berurutan: 3.80%, 3.31%, dan 3.38%; kepadatan berurutan: 2.24 gr/cc, 2.26 gr/cc, dan 2.26 gr/cc. Perlu diteliti lebih lanjut adalah durabilitas dan sifat-sifat mekanik daspal.

Kata kunci: *aspal, karakteristik daspal, karakteristik marshall*

Pendahuluan

Penelitian ini adalah modifikasi dan adaptasi bahan pada kerajinan seni ukir logam perak untuk digunakan sebagai bahan pengikat campuran perkerasan jalan yang bersifat dapat diperbaharui. Di Kotagede para perajin perak memanfaatkan getah damar sebagai bahan utama pembuatan bantalan untuk mengukir perak. Bantalan ini dinamakan sebagai *Jabung* yang berfungsi sebagai pengikat lembaran perak agar tidak bergeser saat diukir menggunakan pahat dalam proses membentuk pola dan garis pada lembaran perak tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan langsung dan tanya jawab diketahui bahwa komposisi *Jabung* terdiri dari getah damar, serbuk bata merah, dan minyak goreng curah kualitas rendah. *Jabung* yang memiliki visual warna mirip aspal walaupun tanpa tambahan aspal sedikitpun, dapat bersifat elastis atau plastis dengan daya lekat sebagai bantalan untuk mengukir perak tergantung pada pengaturan perbandingan komposisi campuran. Bahan ini dalam wujud padat tidak mudah berdeformasi akibat perubahan suhu udara, baru akan berubah wujud menjadi cair saat dipanaskan menggunakan api tungku atau kompor. *Jabung* padat memiliki kekuatan yang mampu untuk menahan lembaran perak ataupun cincin sehingga logam tidak bergerak ataupun bergeser dari perletakannya saat diukir dengan cara dipukul menggunakan palu dan pahat.

Proses pembuatan *Jabung* dilakukan dengan cara mencampurkan getah damar dan serbuk bata di dalam kuili secara merata, kemudian campuran tersebut dipanaskan hingga menggumpal. Setelah campuran menggumpal seluruhnya tambahkan minyak goreng sedikit demi sedikit selama proses hingga campuran berubah wujud menjadi cair akibat pemanasan. Minyak goreng adalah kunci pengaturan sifat kekerasan yang diinginkan, semakin banyak minyak goreng yang ditambahkan dalam proses pembuatan sampai takaran tertentu akan menghasilkan sifat bahan yang lebih lembek dan elastis. Namun, jika minyak goreng dikurangi dalam komposisi akan membuat sifatnya menjadi semakin keras dan plastis. Adanya kecenderungan sifat bahan menjadi elastis ataupun plastis tersebut memungkinkan bahan untuk direkayasa dan dimodifikasi sedemikian rupa sehingga *Jabung* memiliki sifat *viscoelastis* seperti pada aspal dengan cara pengaturan perbandingan komposisi ketiga bahan penyusun.

Hal-hal tersebut di atas yang mendasari hipotesa bahwa bahan *Jabung* memiliki sifat yang dekat dengan aspal, sehingga dengan modifikasi diharapkan *Jabung* asli dapat memiliki karakteristik yang sama atau paling tidak mendekati karakteristik dari bahan pengikat perkerasan lentur pada umumnya. Diharapkan usaha modifikasi *Jabung*

ini dapat berkontribusi terhadap dunia keilmuan khususnya bidang rekayasa jalan raya dengan menghasilkan pandangan-pandangan baru tentang bahan pengikat berupa bioaspal yang berbahan dasar getah damar

Studi Pustaka

Berdasarkan penelusuran literatur bioaspal berbahan getah damar pernah dibuat dengan bahan tambahan berupa *oil*, bentonit, dan soda abu (Moelyo, 2012). Bioaspal dapat pula diperoleh dari pirolisis berbagai material seperti tempurung kelapa (Prayogo, 2010), berbagai sampah perkarangan seperti rumput, sisa-sisa tanaman jagung yang tidak dipanen, serta kayu pohon *oak* (A. Jennings dan R. Hill, 2011); ampas tebu (Kusumawati, 2012); serbuk gergaji kayu albasia (Nindita, 2012); cangkang sawit (Sa'diah, 2014); dan lain sebagainya. Keuntungan dari bioaspal adalah bahwa jenis aspal ini adalah bahan yang ramah lingkungan karena dapat diperbaharui. Namun kelemahan dari jenis bahan perkerasan ini adalah belum ada pengaplikasiannya dalam skala luas pada lalu lintas berat sehingga tingkat kepercayaan penggunaannya masih rendah dibandingkan aspal konvensional yang sering digunakan, jenis aspal ini juga masih sulit didapatkan, dan volume produksinya tidak sebesar aspal konvensional.

Bahan dan Metode Penelitian

Sebuah bantalan *Jabung* yang sesuai untuk kebutuhan mengukir perak dibutuhkan bahan berupa getah damar, serbuk bata merah, dan minyak goreng curah kualitas rendah dengan menggunakan perbandingan volume berturut-turut 2:1:0,25. *Jabung* yang dibuat menggunakan perbandingan tersebut akan menghasilkan sebuah bahan yang keras, plastis, dan getas sehingga perbandingan komposisi tersebut tidak cocok untuk digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi perbandingan bahan penyusun agar dapat diadaptasikan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur.

Getah damar yang digunakan adalah getah damar selo kualitas paling rendah yang didapatkan di pasar Kotagede dalam bentuk serbuk. Penggunaan getah damar jenis ini dikarenakan harganya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan getah damar jenis lainnya.

Serbuk batu bata didapatkan dari Singosaren, Bantul, Yogyakarta dalam bentuk bata merah yang telah dihaluskan (serbuk bata) yang berasal dari pembongkaran/renovasi rumah. Serbuk bata ini tidak dapat langsung digunakan untuk pembuatan daspal, bahan harus dijemur terlebih dahulu hingga kering kemudian dihaluskan lagi menggunakan mortar/ulekan. Sebelum digunakan serbuk bata disaring menggunakan saringan ½", #4, #8, #30, #50, no. 100, no. 200, dan pan. Serbuk bata yang lolos saringan no. 200 dan tertahan pan digunakan untuk pembuatan daspal dengan butir serbuk bata terbesar 0,075 mm. Untuk bahan yang tidak lolos saringan no. 200 dihaluskan kembali menggunakan mortar/ulekan. Alasan tetap mempertahankan serbuk bata ini dalam komposisi dikarenakan hipotesis bahwa serbuk bata memiliki sifat daya serap yang mampu untuk menyerap resin dari getah damar serta minyak, sehingga resin getah damar dan minyak tidak mudah hilang. Alasan lainnya serbuk bata diharapkan dapat memberikan kontribusi pada komposisi daspal dengan dapat mempertahankan bentuk campuran serta dapat bertindak sebagai peredam panas sehingga campuran tidak mudah untuk terbakar.

Minyak goreng yang digunakan adalah minyak goreng curah kualitas rendah dan tak bermerek dibeli di Pasar Gedhe, Surakarta. Penggunaan minyak ini juga dimaksudkan agar viskositas minyak goreng lebih seragam, dibandingkan dengan minyak goreng bekas penggorengan yang memiliki viskositas yang beragam tergantung pada suhu penggorengan, jenis bahan yang digoreng, jumlah pemakaian berulang, dan lain-lain.

Metode penelitian yang digunakan adalah *experimental* murni dengan langkah awal melakukan pengujian terhadap daspal berupa penetrasi (SNI 06-2456-1991) pada berbagai perbandingan komposisi daspal. Hasil uji penetrasi daspal yang masuk spesifikasi aspal pen 60/70 digunakan untuk uji titik nyala dan bakar (SNI 06-2433-1991), daktilitas (SNI 06-2432-1991), berat jenis (SNI 06-2488-1991), dan titik lembek (SNI 06-2434-1991). Berikut parameter penilaian daspal terbaik sesuai kriteria aspal pen 60/70:

Tabel 1: Parameter Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis pengujian	Metode	Satuan	Aspal pen 60/70
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	60 – 79
2	Berat jenis	SNI 06-2488-1991	gr/cm ³	Min. 1,0
3	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	°C	50 – 58
4	Titik nyala	SNI 06-2433-1991	°C	Min. 200
5	Daktilitas, 25°C	SNI 06-2432-1991	cm	Min. 100

(sumber: BSN, 2003)

Selain pengujian terhadap daspal dilakukan juga pengujian terhadap berat jenis agregat kasar (SNI 03-1969-1990) dan halus (SNI 03-1970-1990) untuk digunakan pada *Marshall Test* (SNI 06-2489-1991). Gradasi agregat yang digunakan pada pembuatan benda uji *Marshall* adalah nilai tengah spec VII berdasarkan SNI 03-1737-1989. Berikut gradasi agregat yang digunakan:

Tabel 2: Gradasi Agregat Spec VII

No. Saringan	Berat yang Lolos (%)		Nilai Tengah (%)	% Tertahan		Berat Agregat	
				Tiap Saringan	Kumulatif	Tiap Saringan (gr)	Kumulatif Saringan (gr)
3/4"	100		100	0	0	0	0
1/2"	80	- 100	90	10	10	110	110
# 4	54	- 72	63	27	37	297	407
# 8	42	- 58	50	13	50	143	550
# 30	26	- 38	32	18	68	198	748
# 50	18	- 28	23	9	77	99	847
# 100	12	- 20	16	7	84	77	924
# 200	6	- 12	9	7	91	77	1001
PAN	-			9	100	99	1100

Pada pengujian marshall benda uji harus memenuhi syarat ketentuan sifat campuran sebagai berikut:

Tabel 3: Ketentuan sifat-sifat campuran LASTON

No.	Sifat-sifat Campuran	Spesifikasi
1	Kadar Aspal Optimum, %	5-7
2	Marshall Quotient, kg/mm	200-350
3	Rongga Udara, %	3-5
4	Kepadatan, gr/cc	2-3
5	Stabilitas, kg	Min 550
6	Flow, mm	2-4

(sumber: SNI 03-1737-1989)

Perbandingan yang digunakan dalam membuat daspal adalah perbandingan antara getah damar dan serbuk bata dengan penambahan kadar minyak berdasarkan berat total getah damar dan serbuk bata. Variasi perbandingan getah damar dan serbuk bata 1:1 disebut variasi A, perbandingan getah damar dan serbuk bata 2:1 disebut variasi B, perbandingan getah damar dan serbuk bata 3:1 disebut variasi C. Berikut dijelaskan dalam tabel berbagai komposisi berbagai variasi daspal yang dimaksudkan tersebut:

Tabel 4: Komposisi Daspal Variasi A

Kode	Getah Damar (gr)	Serbuk Bata (gr)	Minyak(%)	Jumlah
A1	1	1	15	3
A2	1	1	20	3
A3	1	1	25	3
A4	1	1	30	3
A5	1	1	35	3

Tabel 5: Komposisi Daspal Variasi B

Kode	Getah Damar (gr)	Serbuk Bata (gr)	Minyak(%)	Jumlah
B1	2	1	15	3
B2	2	1	20	3
B3	2	1	25	3
B4	2	1	30	3
B5	2	1	35	3

Pengolahan data menggunakan alat bantu berupa program *Microsoft Excel* untuk perhitungan dan analisis regresi sederhana yang dibutuhkan. Dari analisis regresi nantinya didapatkan koefisien detriminasi yang menyatakan tingkat kepercayaan dari kemampuan variabel bebas untuk menerangkan variabel terikat. Akhirnya dari data

karakteristik daspal dan analisis regresi linier sederhana ditarik kesimpulan berupa pandangan terhadap bahan daspal sebagai bahan pengikat campuran perkerasan jalan.

Tabel 6: Komposisi Daspal Variasi C

Kode	Getah Damar (gr)	Serbuk Bata (gr)	Minyak(%)	Jumlah
C1	3	1	15	3
C2	3	1	20	3
C3	3	1	25	3
C4	3	1	30	3
C5	3	1	35	3

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan hasil uji laboratorium dengan pengaturan perbandingan komposisi daspal didapatkan tiga jenis daspal yang ditinjau memiliki penetrasi 60/70, berikut karakteristik dari daspal yang ditinjau tersebut:

Tabel 7: Karakteristik Daspal pen 60/70

No	Pengujian	Metode	Syarat pen 60/70	A	B	C
1	Uji penetrasi daspal, mm	SNI 06-2456-1991	60 – 79	66	74	60
2	Uji berat jenis daspal, gr/cm ³	SNI 06-2488-1991	Min. 1,0	1,427	1,399	1,382
3	Uji titik lembek daspal, °C	SNI 06-2434-1991	50 – 58	>98	>98	>98
4	Uji titik nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200	214	234	231
5	Uji daktilitas daspal, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100	13,5	22,5	14

Walaupun bahan daspal ini memiliki kelemahan pada daktilitas dan titik lembek yang lebih tinggi, daspal memenuhi persyaratan penetrasi, berat jenis, dan titik nyala. Pada pengujian titik lembek dinyatakan bahwa titik lembek semua daspal lebih dari 98 °C. Nilai ini didapatkan karena pengujian dihentikan saat mencapai suhu tersebut. Penghentian pengujian dilakukankarena air yang mendidih dikhawatirkan akan menggerakkan bola baja dan mengganggu pengamatan serta untuk menghindari gelas uji pecah akibat suhu yang tinggi. Daspal dengan titik lembek yang tinggi jika digunakan sebagai bahan pengikat campuran perkerasan jalan akan memiliki keunggulan berupa ketahanan terhadap panas, namun kelemahannya bahan ini memerlukan suhu yang tinggi untuk mencairkannya.

Pada pengujian daktilitas semua bahan daspal memiliki nilai daktilitas di bawah 100 cm, menandakan bahwa bahan daspal adalah bahan yang getas. Namun, dalam proses uji daktilitas diamati bahwa daspal saat ditarik menggunakan alat uji daktilitas daspal mengalami pelengkungan ke bawah. Hal ini dikarenakan daspal tidak melayang di dalam air garam dan berat jenis daspal yang lebih besar dibandingkan air garam. Hal lainnya yang paling mempengaruhi nilai daktilitas daspal adalah ukuran butiran serbuk bata yang digunakan membuat campuran tidak homogen. Adanya serbuk bata dalam daspal mengakibatkan terjadinya pengurangan daya ikat antar getah damar (kohesi). Salah satu aspek yang mempengaruhi daya kohesi tersebut adalah kerapatan dan jarak antar molekul, sehingga dengan penambahan serbuk bata pada campuran daspal ikatan kohesi antar getah damar akan berkurang sejalan dengan kerapatan yang berkurang dan jarak molekul getah damar yang bertambah. Selain kohesi, di dalam campuran juga terdapat ikatan adhesi antara getah damar dan serbuk bata. Pada campuran daspal nilai adhesi antar getah damar dan serbuk bata lebih kecil dibandingkan kohesi getah damar dikarenakan partikel serbuk bata tidak memiliki daya lekat, yang berperan penting dalam menciptakan daya lekat pada campuran daspal adalah getah damar. Dengan begitu daya lekat campuran daspal lebih dipengaruhi oleh daya ikatan antar molekul getah damar. Jika ditinjau lebih lanjut dari kekuatan adhesi, maka daya lekat daspal juga dipengaruhi oleh kemampuan penyelimutan getah damar terhadap serbuk bata dalam campuran daspal, ukuran partikel serbuk bata, dan bentuk partikelnya. Berdasarkan pertimbangan bahwa bahan daspal memiliki struktur dan asal yang berbeda dengan aspal konvensional serta daktilitas yang sangat dipengaruhi ukuran partikel, maka disimpulkan bahwa daktilitas belum bisa dikatakan sebagai hal yang mempengaruhi performa dari daspal sebagai bahan pengikat pada campuran perkerasan jalan tanpa diuji terlebih dahulu.

Sebelum dilakukan pengujian marshall harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu terhadap agregat kasar dan halus, disyaratkan agregat digunakan memenuhi persyaratan SNI 1969-1990. Berikut hasil perhitungan berat jenis agregat dalam bentuk tabel:

Sama seperti uji berat jenis agregat kasar, pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat jenis (*bulk specific gravity*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), dan penyerapan yang digunakan untuk perhitungan marshall serta mengetahui kualitas agregat halus memenuhi spesifikasi SNI atau tidak sehingga dapat diambil kesimpulan bisa atau tidaknya agregat halus digunakan untuk campuran beraspal. Berikut ditabelkan hasil perhitungan berat jenis agregat halus:

Tabel 8: Berat Jenis Agregat Kasar

Agregat Kasar	Pengujian		Rata-rata
	1	2	
Berat sampel kering oven, BK (gram)	4000	4000	
Berat sampel jenuh kering permukaan (SSD), BJ(gram)	4050,1	4051,8	
Berat sampel di dalam air, BA(gram)	2449,8	2452,4	
Berat jenis bulk,(gr/cm ³)	2,500	2,501	2,500
Berat jenis SSD,(gr/cm ³)	2,531	2,533	2,532
Berat jenis semu (aparent), (gr/cm ³)	2,580	2,585	2,582
Penyerapan air, (%)	1,253	1,295	1,274

Tabel 9: Berat Jenis Agregat Halus

Agregat Halus	Pengujian		Rata-rata
	1	2	
Berat sampel jenuh kering permukaan (SSD), A	500	500	
Berat sampel kering oven, B	494,8	495	
Berat Piknometer + Air (kalibrasi), C	653,8	655,3	
Berat Piknometer + Air + contoh, D	956	957,6	
Berat jenis bulk	2,502	2,504	2,503
Berat jenis SSD	2,528	2,529	2,528
Berat jenis semu (aparent)	2,596	2,595	2,595
Penyerapan air	1,051	1,010	1,031

Berdasarkan SNI 1969-1990 berat jenis semu minimum untuk agregat campuran yang terdiri dari agregat kasardan halus adalah 2,5gr/cm³dan penyerapan terhadap air maksimal adalah 3%. Dari hasil pengujian berat jenis semu rata-rata agregat kasar dan halus adalah 2,589 gr/cm³ > 2,5gr/cm³ (memenuhi syarat) dan penyerapan airnya adalah 1,152% < 3%(memenuhi syarat), sehingga disimpulkan agregat kasar dapat digunakan dalam perencanaan campuran beraspal.

Berdasarkan hasil pembuatan dan pengujian marshall dengan menggunakan agregat halus dan kasar di atas serta menggunakan bahan pengikat daspal variasi A, B, dan C; didapatkan kadar daspal optimum berurutan sebesar 12%, 10%, dan 7%. Berikut sifat-sifat campuran dengan menggunakan bahan daspal tersebut:

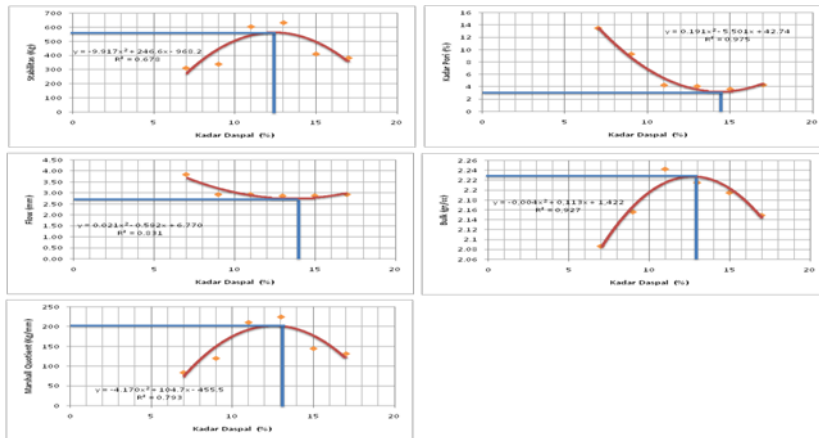
Tabel 10: Sifat-sifat Campuran Hasil Uji Marshall dengan Bahan Pengikat Daspal

No	Sifat-sifat Campuran	Spesifikasi*	Hasil Uji Marshall dengan Daspal		
			A	B	C
1	Kadar Daspal Optimum, %	5-7	12	10	7
2	Marshall Quotient, kg/mm	200-350	200,87	232,70	268,34
3	Rongga Udara, %	3-5	3,794	3,312	3,376
4	Kepadatan, gr/cc	2-3	2,236	2,258	2,259
5	Stabilitas, kg	Min 550	564,802	700,308	657,606
6	Flow, mm	2-4	2,598	2,350	2,444

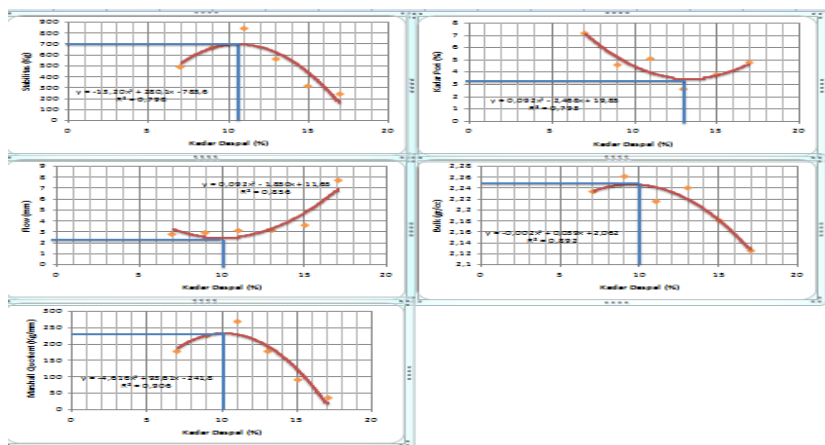
Catatan : * SNI 03-1737-1989

Stabilitas marshall dengan bahan pengikat daspal yang paling besar adalah B dengan stabilitas 700,308 kg dan marshall dengan stabilitas paling kecil adalah benda uji dengan bahan pengikat daspal A sebesar 564,802 kg, sedang stabilitas marshall dengan bahan pengikat daspal C sebesar 657,606 kg. Semua benda uji marshall yang menggunakan daspal variasi A, B, dan C memiliki marshall quotient > 200 kg/mm sehingga campuran perkerasan

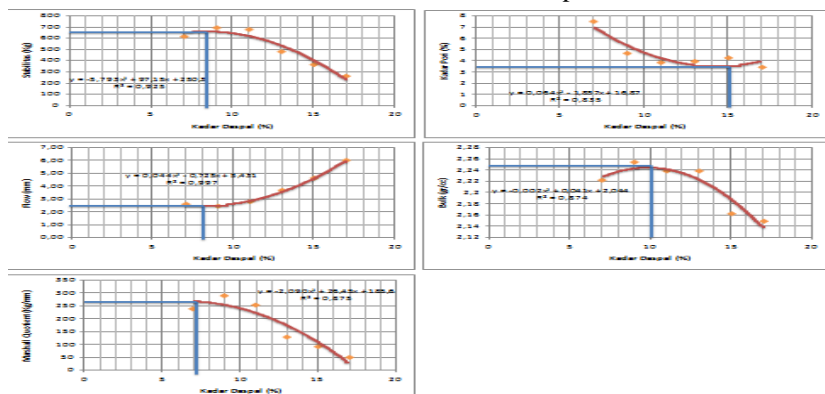
dengan menggunakan daspal tersebut memenuhi syarat. Untuk lebih detail berikut ditampilkan grafik hubungan antara kadar daspal optimum variasi A, B, C dengan *marshal quotient*, rongga udara, kepadatan, stabilitas, dan flow pada campuran perkerasan jalan menggunakan daspal sebagai pengikat:



Gambar 1: Karakteristik Marshall Daspal Variasi A



Gambar 2: Karakteristik Marshall Daspal Variasi B



Gambar 3: Karakteristik Marshall Daspal Variasi C

Kesimpulan

Berdasarkan karakterisasi daspal A, B, dan C dibandingkan dengan karakter aspal pen 60/70 diketahui bahwa daspal memiliki kemiripan karakter dengan aspal pen 60/70 walaupun bahan daspal tidak memenuhi persyaratan daktilitas dan melebihi persyaratan titik lembek seperti pada aspal pen 60/70. Namun data uji *marshall* menunjukkan bahwa dengan menggunakan daspal A, B, dan C sebagai bahan pengikat padacampuran perkerasan jalan memiliki kekuatan yang memenuhi spesifikasi campuran LASTON menurut SNI 03-1737-1989. Namun, bahan ini belum siap untuk diaplikasikan dilapangan karena dalam pengujian *marshall* benda uji dengan bahan pengikat daspal saat mencapai stabilitas dan *flow* maksimum benda uji hancur menjadi serpihan dan tidak dapat mempertahankan bentuknya, berbeda dengan perkerasan dengan bahan pengikat aspal konvensional yang masih memiliki bentuk setelah melalui pengujian *marshall*. Sehingga, campuran perkerasan jalan dengan bahan pengikat daspal ini masih perlu dilakukan serangkaian perbaikan kualitas dengan standard yang lebih terukur terutama pada pengujian daktilitas. Hal ini dilakukan karena hubungan atau pengaruh antara nilai daktilitas dan performa campuran perkerasan tidak dapat dijelaskan secara kuantitatif, parameter daktilitas lebih cenderung sebagai penjelas kualitatif dari bahan yang diuji. Terbukti bahwa walaupun daspal memiliki daktilitas rendah, namun campuran perkerasan yang menggunakan bahan pengikat daspal masih dapat memiliki kekuatan stabilitas dan *flow* yang mumpuni serta memenuhi persyaratan *marshall quotient*, rongga udara, dan kepadatan.

Disarankan dalam penelitian lebih lanjut dilain waktu untuk mengganti pengujian daktilitas dengan uji DSR (*Direct Shear Rheometer*) karena pengujian ini dapat lebih menjelaskan sifat mekanik daspal dibandingkan uji daktilitas dengan menghasilkan output modulus elastisitas, modulus viskositas, *complex viscosity*, tegangan, *rutting parameter*, dan *fatigue parameter*. Kemudian disarankan juga pad uji titik lembek bahan daspal selanjutnya untuk menggunakan *glycerin* sebagai media pengganti *aquades* dalam pengujian dikarenakan bahan *glycerin* lebih cocok untuk bahan bitumen yang titik lembeknya bernilai diantara 80 °C – 157°C. Selain itu perlu dilakukan pertimbangan dalam menggunakan bahan pengikat daspal dalam campuran perkerasan karena kadar bahan pengikat yang dibutuhkan lebih besar dibandingkan aspal konvensional. Hal lainnya yang penting untuk diteliti lebih lanjut adalah tentang durabilitas dan oksidasi dari bahan daspal.

Daftar Pustaka

- A. Jennings, Aaron dan R. Hill, Daniel, (2011), “*Bioasphalt from Urban Yard Waste Carbonization*”, Ohio Department of Transportation Office of Research and Development, pp. 14
- Prayogo, Dimas Eko, (2010), “*Pemisahan dan Karakterisasi Bioaspal Dari Tempurung Kelapa dengan Metode Distilasi Pengurangan Tekanan*”, Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya, pp. 1
- Kusumawati, Indri, (2012), “*Sintesis Bioaspal dari Ampas Tebu dengan Metode Pirolisis*”, Fakultas Teknik Program Studi Ekstensi Teknik Kimia Universitas Indonesia, Jakarta, pp. viii
- Nindita, Dian, (2012), “*Sintesis Bioaspal dari serbuk gergaji kayu albasia dengan metode pirolisis*”, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, pp. Viii
- Sa’diah, Halimatu, (2014), “*Sifat-Sifat Teknis Campuran Laston yang Mengandung Bioaspal untuk Kategori Lalu Lintas Berat dengan Pengujian Marshall Immersion*”. Tugas Akhir Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, pp.1
- Moelyo, Moehardo, (2012). “Komposisi Bioaspal”, Berita Resmi Paten Nomor 372 Tahun ke 22 Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia R.I., Tangerang pp. 5
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1990. “SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1990. “SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1990. “SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1991. “SNI 06-2432-1991 Metode Pengujian Daktilitas Bahan-bahan Aspal”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1991. “Revisi SNI 06-2434-1991 uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (*ring and ball*)”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1991. “SNI 06-2433-1991 Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan *Cleveland Opencup*”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1991. “SNI 06-2441-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 1991. “SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall”. *Badan Standardisasi Nasional*
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi, 2003. “Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi”. *Badan Standardisasi Nasional*